

Rhéologie et vitesses des ondes sismiques - d'après Jérôme LASSAUSSAIE (oral 2006)

- 1 – Analysez la figure 1 : vous préciserez comment ce graphique a été obtenu et vous représenterez en regard une coupe schématique des enveloppes superficielles du globe terrestre.
- 2 – Mettez en relation l'évolution de la vitesse des ondes S à l'est et à l'ouest du continent nord-américain (figure 2) avec les données de la figure 1

Figure 1. Modèle des propriétés rhéologiques de la lithosphère continentale.
Résistance à la contrainte pour différentes profondeurs
(d'après Jolivet. *La déformation des continents*)

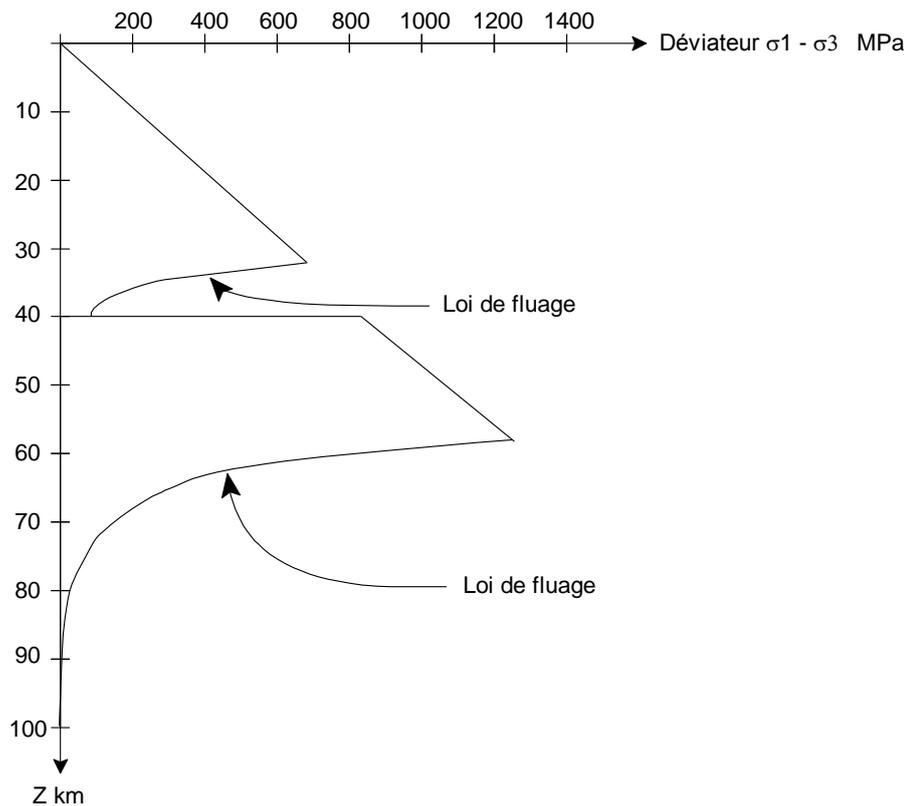
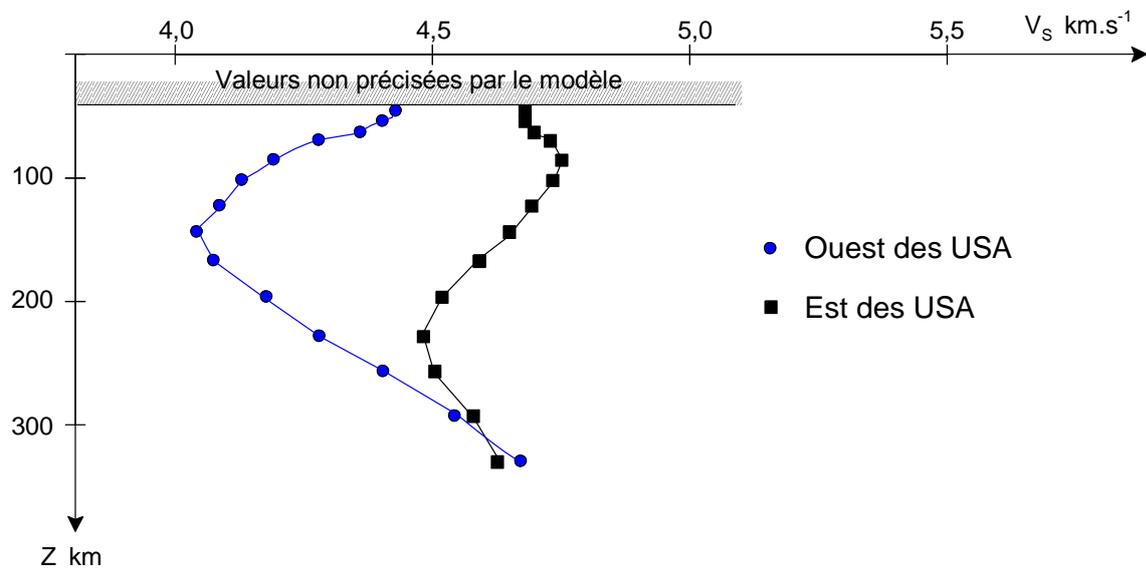


Figure 2. Modèle de vitesse des ondes S à l'est et à l'ouest du continent nord-américain (d'après Liboutry. *Géophysique et géologie* p 181)



Rhéologie et vitesses des ondes sismiques (Correction)

Question 1.

Voir cours 2° année (Géologie Tout en un - Dunod p273 à 276)

Chapitre 10.3 Stratification rhéologique de la lithosphère.

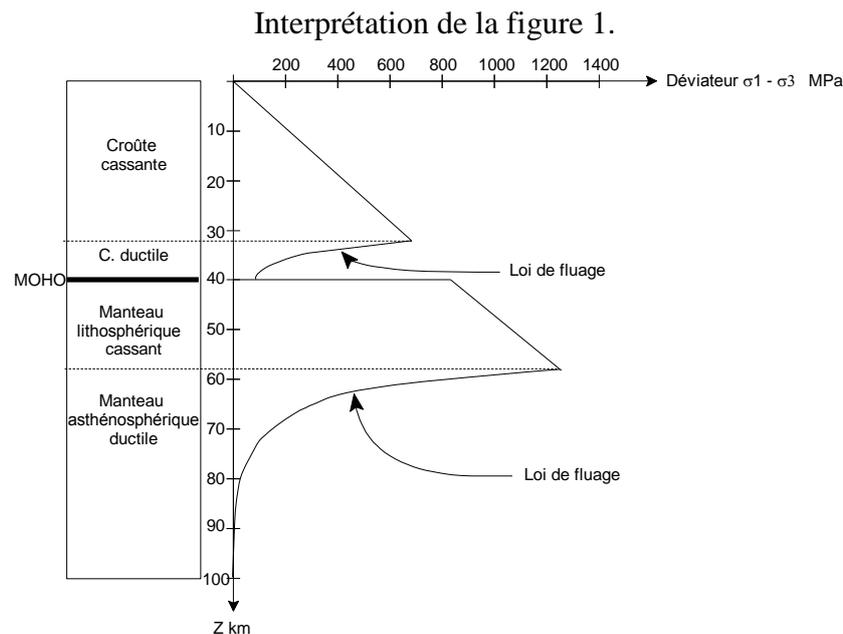
La figure 1 récapitule des résultats d'études expérimentales de résistance des matériaux réalisée à l'origine par **Byerlee**. Il travaille sur des matériaux préfracturés et recherche la contrainte différentielle nécessaire pour provoquer le glissement sur les plans de failles. Pour chaque pression lithostatique (ici convertie en profondeur), sont portées les valeurs seuils des déviateurs de contrainte permettant d'obtenir une déformation.

Deux domaines sont clairement identifiables dans ces expériences. Dans le premier, on constate que la contrainte différentielle nécessaire pour provoquer le glissement augmente avec la pression de confinement : c'est le **domaine cassant**. Dans le deuxième type de domaine, les contraintes différentielles diminuent avec la profondeur jusqu'à s'annuler : c'est le **domaine ductile** (Fig 10.29 – Dunod).

Ainsi, on peut construire un modèle est composé de 4 parties distinctes, ce qui nous permet de considérer que la lithosphère est formée de 4 parties :

- la croûte supérieure (10 à 30 km), dont la composition peut être représentée par le granite, par exemple, a un comportement **cassant** ;
- la croûte inférieure (30 à 40 km), de composition identique à la croûte supérieure, mais de comportement **ductile**, car portée à plus haute température ;
- le manteau (40 à 100 km), formé de péridotite, dans lequel les deux couches se distinguent par leur comportement rhéologique : cassant jusqu'à 60 km, ductile en dessous. Cette limite interne au manteau peut être interprétée comme la **limite entre manteau lithosphérique (cassant) et manteau asthénosphérique (ductile)**. C'est la température qui est responsable de ce changement de propriétés. Au-delà de 100 km de profondeur, la résistance du manteau aux contraintes est nulle. C'est pourquoi la définition de la limite entre lithosphère et asthénosphère est une **définition thermique** (isotherme 1300°C)

On remarque que la loi reliant la résistance à la profondeur ne dépend pas de la nature chimique des matériaux lorsque leur comportement est cassant. En revanche, les lois de fluage sont différentes dans la croûte et dans le manteau.



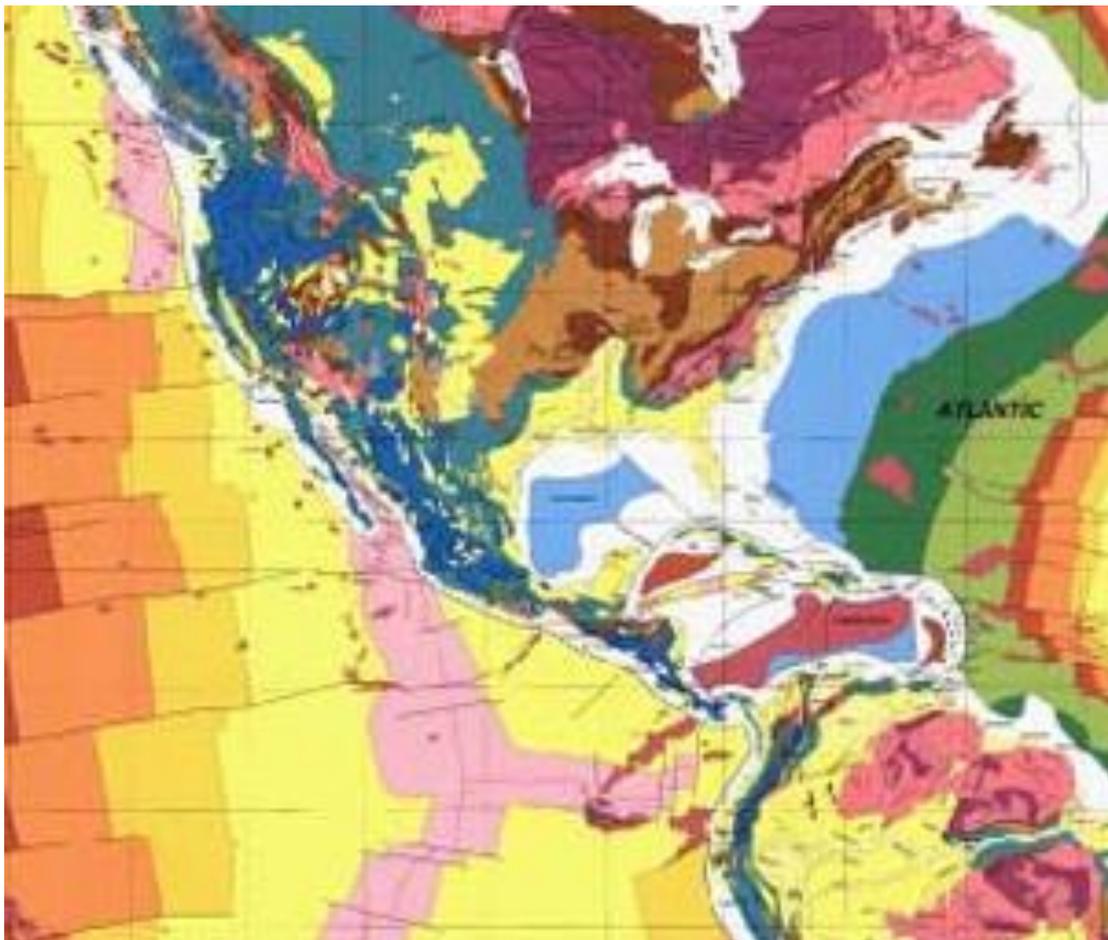
Question 2.

La figure 2 correspond à un graphique de la vitesse des ondes S en fonction de la profondeur dans 2 régions distinctes : l'ouest et l'est des USA. La vitesse des ondes sismiques permet d'identifier diverses caractéristiques des matériaux traversés. En particulier, la vitesse des ondes S dépend d'un coefficient de viscosité. Plus le comportement d'un matériau est ductile, plus la vitesse des ondes S diminue.

Le graphique montre une zone à vitesse moyenne (4,5 km/s) entre 60 et 100 km environ. Nous pouvons faire le lien avec la figure 1 et montrer qu'il s'agit de la zone inférieure du manteau lithosphérique dont le comportement est ductile.

En dessous, nous constatons la présence d'une zone où les vitesses sont encore plus faibles (3,5 à 4 km/s). Nous en déduisons la présence d'une zone du manteau dans laquelle le comportement est ductile : c'est la **LVZ** (= Low velocity zone).

À l'ouest des USA, la LVZ commence vers 60 km de profondeur, c'est-à-dire à la limite entre manteau cassant et manteau ductile, telle qu'elle a été localisée sur la figure 1. À l'est des USA cependant, la LVZ semble se situer plus profondément (limite supérieure vers 100 km). Cette remontée de la LVZ peut être interprétée comme le résultat d'un équilibre : le plongement de la lithosphère océanique induit un déplacement de matière ce qui produit une remontée des matériaux à l'ouest.



Carte géologique simplifiée de l'Amérique du Nord (BRGM).